

**П.Т. СКЛЯР, Ю.Н. ФИЛИППЕНКО**, кандидаты техн. наук,  
**О.В. МОИСЕЕНКО**  
(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

## **ПОЛУЧЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ УГОЛЬНОЙ И АНТРАЦИТОВОЙ МЕЛОЧИ МЕТОДОМ ПЛАСТИФИКАЦИИ**

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.* Брикетирование углей марок Г, Ж и антрацитовый мелочи для получения топливных брикетов осуществляется в основном с использованием канцерогенных связующих веществ, по сложной, дорогостоящей и экологически вредной технологии, требующей очень строгого соблюдения правил безопасности на производстве.

*Анализ исследований и публикаций.* Известно, что при нагреве углей марок Г и Ж, они размягчаются до пластического состояния. В лабораторных условиях были проведены исследования по применению этих углей в качестве пластификатора, из углей марок Г и Ж (при использовании их пластических свойств) в смеси с антрацитом получены брикеты без применения связующих веществ. При этом антрацит остается неизменным, обволакивается пластифицированным углем и под давлением пресса формируется в брикет.

*Постановка задачи.* Целью разработки является создание новой технологии производства топливных брикетов из угольной мелочи без применения связующих веществ. Брикетирование угольной шихты основано на использовании термопластических свойств угля и не требует применения дорогостоящих и канцерогенных связующих веществ. Применение технологии позволит вовлечь в ресурсы сортового топлива для коммунально-бытовых нужд отходы от производства антрацитового фильтрата из угля донецкого марки А, а в дальнейшем – штыба антрацитового.

*Изложение материала и результаты.* Объектом исследований являются угли, пригодные в качестве пластификатора при брикетировании без применения связующих веществ и экспериментальные топливные брикеты полученные, методом пластификации из угольной мелочи в лабораторных условиях.

Программой исследований предусматривалось:

- подбор сырьевой базы углей пригодных для использования в качестве пластификатора;
- исследование качественных и технологических характеристик углей пригодных к использованию в качестве пластификатора;
- наработка экспериментальных образцов брикетов с различным содержанием компонентов в шихте для брикетирования и различными технологическими параметрами;
- определение оптимальной температуры нагрева шихты при прессовании;
- определение оптимального содержания пластификатора в шихте;
- определение оптимального давления прессования;

## **Загальні питання технології збагачення**

- определение оптимальной продолжительности прикладывания нагрузки к нагретой шихте во время прессования;
- исследование механических и термических свойств, качественных показателей экспериментальных брикетов изготовленных в лабораторных условиях;
- определение рабочего диапазона технологических параметров брикетирования угольных смесей различного марочного состава.

При изыскании ресурсов углей, пригодных для использования в качестве пластификатора при изготовлении брикетов без связующего материала были исследованы качественные и технологические характеристики углей 31 шахт разных угольных регионов Украины отличающихся по марочной принадлежности и вещественному составу.

Анализ выполненных исследований показал, что начальная температура образования пластического состояния угля находится в пределах 325-412 °С, а затвердевания 397-475 °С.

Исходя из этого, определены следующие температурные режимы проведения экспериментов получения брикетов из смеси угля и антрацита – 350, 400, 450, 500 °С.

Для проведения экспериментов были отобраны угли 18 шахт, разных угольных регионов, которые в полной мере отражают технологические свойства всех исследованных углей.

Эксперименты получения топливных брикетов проводились на переоборудованном аппарате Сапожникова при следующем соотношении угля-пластификатора и антрацита, % 10:90; 20:80; 30:70; 40:60; 50:50.

По каждому температурному режиму при указанных соотношениях в смеси угля-пластификатора и антрацита проведено по 2 эксперимента получения топливных брикетов.

На основании результатов проведенных экспериментов установлено, что из 18 шахт угли 12 шахт в смеси с антрацитом дали положительные результаты брикетирования.

В основном, это угли средней стадии метаморфизма (Г, Ж, К) и имеющие выход летучих веществ  $V^{daf} > 28\%$ , толщину пластического слоя  $Y \geq 20$  мм, и средний показатель отражения витринита  $Ro=0,85-1,60\%$ .

В зависимости от пластических свойств добавка угля в качестве пластификатора при брикетировании может составлять от 20 до 40%, температура брикетирования 350-500 °С.

Наиболее оптимальным вариантом соотношения угля-пластификатора и антрацита является 30:70 и 40:60%, при температурном режиме 400-450 °С.

Исходя из проведенных исследований из углей шахт, давших положительные результаты брикетирования, были подготовлены смеси в тех соотношениях, при которых выявлены возможности получения брикетов.

Из подготовленных смесей в лабораторных условиях при температурах, давших положительный эффект изготовлены экспериментальные образцы топливных брикетов.

Определение рабочего диапазона режимных параметров брикетирования

## **Загальні питання технології збагачення**

проводилось для следующих марок углей, используемых либо непосредственно в качестве материала для брикетирования, либо в качестве пластификатора в смеси с другими углями: Г; Г : Т; Ж : А; Ж : Т; К : А; К : Т.

Проведенные исследования получения топливных брикетов на лабораторном аппарате Сапожникова показали хорошие результаты при брикетировании смесей с добавкой пластификатора от 20 до 40% при температуре нагрева 350-500 °С и постоянно действующим в процессе нагрева давлением 1 кг/см<sup>2</sup>.

Однако, аппарат Сапожникова работает в режиме набора температуры за определенный заданный в соответствии с ГОСТ 1186-87 промежуток времени, что существенно увеличивает время процесса брикетирования.

Устройство аппарата Сапожникова также не позволяет проверить процессы брикетирования при разном давлении.

Для снижения времени брикетирования и проверке влияния давления на процессы брикетирования при разных температурных режимах была собрана установка, состоящая из пресса МС-100 (максимальное развиваемое давление 10000 кг), трубчатой печи с температурой нагрева до 700 °С и регулятором температуры нагревания.

Пресс МС-100 является стандартным, а трубчатая печь и регулятор температуры изготовлены институтом "Укрниуглеобогащение".

Испытания проводились следующим образом. Пресс-форма с материалом, придавленным сверху пунсоном, помещалась во внутрь печи и разогревалась до температуры соответственно для каждого опыта 300, 350, 375, 400, 425 и 450 °С. Измерение температуры смеси производилось термопарой, а необходимая температура нагрева устанавливалась при помощи регулятора.

При достижении заданной температуры смеси производилось прессование при постоянном для каждого температурного режима. Затем процесс брикетирования производился при постоянной температуре и разном давлении. Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1.

Полученные брикеты подвергались испытанию механической прочности на сжатие, истирание и сбрасывание, термостойкости, водопоглощения и водостойкости. Результаты проведенных испытаний приведены в таблице 2. В таблице 3 приведено сравнение качественных и технологических характеристик исходного материала и полученных брикетов.

В результате проведенных исследований установлено, что для смесей различных марок оптимальная температура брикетирования составляет 425 °С. Повышение давления от 177 до 248 кг/см<sup>2</sup> значительного эффекта не дает. Наиболее положительные результаты брикетирования получаются при прессовании угля марки Г (100%) с У=13-15 мм, смеси марок Г:ОС (30:60%), Ж:А (20:80 и 30:70%), Ж:Т (20:80%).

Для смесей марок К:А и К:Т необходима более высокая температура брикетирования, что экономически нецелесообразно.

Анализ результатов исследования механической прочности показывает, что механическая прочность на сжатие находится в пределах 55-90 кг/см<sup>2</sup>, что несколько выше чем механическая прочность на сжатие у каменноугольных

## Загальні питання технології збагачення

брикетів со связующим (40-50 кг/см<sup>2</sup>).

Механическая прочность на истирание составляет 70-80% и на сбрасывание 81-88%, что на уровне механической прочности на истирание, сбрасывание каменноугольных брикетов, изготовленных с применением битумного связующего.

Анализ результатов исследований термической стойкости показывает, что экспериментальные брикеты сгорают равномерно сохраняя свою форму и практически не дают больших трещин, что присуще термостойким брикетам.

Показатель прочности испытуемых брикетов находится в пределах 13-18 кг, что в значительной степени превышает показатель прочности 0,65 кг, выше которого брикеты считаются термостойкими.

Исходя из результатов проведенных испытаний, водопоглощение не превышает 1%, а водостойчивость составляет более 47% от начальной прочности, что указывает на их водостойчивость.

При исследовании качественных и технологических характеристик угольных смесей и полученных из них брикетов установлено, что в процессе брикетирования происходит незначительное увеличение зольности брикета от 0,5 до 1,0% и незначительная потеря веса (3-5%), связанная в основном с уменьшением выхода летучих веществ в брикете и потерей влаги (0,18-0,21%).

Таблица 1

### Исследование получения брикетов при различных температурах и различных давлениях

Марка угля	Соотношение, %	Механическая прочность брикетов на сжатие, кг/см <sup>2</sup>																							
		Давление прессования 177 кг/см <sup>2</sup>						Давление прессования 212 кг/см <sup>2</sup>						Давление прессования 248 кг/см <sup>2</sup>						Давление прессования 283 кг/см <sup>2</sup>					
		Температура прессования, °С						Температура прессования, °С						Температура прессования, °С						Температура прессования, °С					
		300	350	375	400	425	450	300	350	375	400	425	450	300	350	375	400	425	450	300	350	375	400	425	450
Г	100	-	6,7	14,4	46,1	93,9	вслуч.	-	9,6	20,0	50,9	96,5	вслуч.	-	12,0	25,0	57,6	101,4	вслуч.	-	15,2	30,6	67,9	112,8	вслуч.
Г:Т	30:70	-	-	2,6	4,8	28,9	вслуч.	-	-	2,7	5,8	30,1	вслуч.	-	-	2,7	8,0	33,2	вслуч.	-	-	2,8	9,9	34,7	вслуч.
	40:60	-	-	2,1	2,8	20,3	вслуч.	-	-	2,1	2,8	21,4	вслуч.	-	-	2,0	2,9	23,5	вслуч.	-	-	2,1	2,9	25,7	вслуч.
Г:ОС	30:70	-	15,2	22,4	54,1	99,8	вслуч.	-	16,9	27,1	59,1	108,7	вслуч.	-	18,5	31,0	66,2	116,7	вслуч.	-	20,0	34,0	71,8	122,9	вслуч.
	40:60	-	3,6	5,6	9,5	25,6	вслуч.	-	3,7	5,6	9,9	27,1	вслуч.	-	3,9	5,8	10,5	28,4	вслуч.	-	4,0	6,0	11,0	30,1	вслуч.
Ж:А	20:80	-	2,7	30,2	66,8	91,3	вслуч.	-	2,9	31,0	68,2	92,0	вслуч.	-	3,1	32,1	71,2	93,8	вслуч.	-	3,5	35,4	74,3	99,8	вслуч.
	30:70	-	7,7	34,2	99,1	вслуч.	-	7,8	35,5	104,2	вслуч.	-	8,0	38,2	115,6	вслуч.	-	8,5	42,5	129,9	вслуч.	-	-	-	-
	40:60	-	9,0	15,3	вслуч.	-	9,4	16,5	вслуч.	-	10,1	18,0	вслуч.	-	11,3	21,2	вслуч.	-	11,3	21,2	вслуч.	-	-	-	-
Ж:Т	20:80	-	1,2	23,5	53,5	80,9	вслуч.	-	1,5	24,1	54,1	82,5	вслуч.	-	1,9	24,9	56,4	84,3	вслуч.	-	2,0	25,9	59,7	85,5	вслуч.
	30:70	-	1,2	19,2	56,2	вслуч.	-	1,4	20,3	57,1	вслуч.	-	1,6	22,2	58,8	вслуч.	-	1,9	24,0	61,6	вслуч.	-	-	-	-
	40:60	-	0,9	19,1	вслуч.	-	1,1	23,4	вслуч.	-	1,0	26,2	вслуч.	-	1,1	30,9	вслуч.	-	1,1	30,9	вслуч.	-	-	-	-
К:А	20:80	-	-	-	-	-	Формируется брикет	-	-	-	-	-	Формируется брикет	-	-	-	-	-	Формируется брикет	-	-	-	-	-	Формируется брикет
	30:70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	40:60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
К:Т	20:80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30:70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	40:60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

## Загальні питання технології збагачення

Таблиця 2

Результаты исследования механической прочности экспериментальных брикетов на сжатие, истирание, сбрасывание, термической стойкости, водопоглощения и водостойкости

№ п/п	Брикеты из смеси угля (У) и антрацита (А)	Состав смеси У:А	Механическая прочность			Термическая стойкость, кг	Водопоглощение, %	Водоустойчивость, кг/см <sup>2</sup>
			на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	на истирание, %	На сбрасывание, %			
1	Ж ("Дзержинскуголь") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	55,7	76,2	86,4	13,2	0,8	47,2
		30:70	58,9	77,1	86,9			
		40:60	61,4	78,9	87,4			
2	Ж ("Краснодонуголь") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	55,1	75,0	85,7	13,5	0,8	46,7
		30:70	58,7	76,1	86,3			
		40:60	61,1	77,6	86,8			
3	Ж ("Краснодонуголь") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	84,5	75,4	85,4	16,1	0,8	47,8
		30:70	87,7	77,1	86,1			
		40:60	90,5	79,6	86,9			
4	Ж ("Краснодонуголь") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	55,0	70,4	81,0	14,8	0,8	47,9
		30:70	55,8	71,12	81,7			
		40:60	56,5	72,8	82,4			
5	Ж ("Краснодонуголь") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	84,0	77,0	85,9	17,1	0,8	47,6
		30:70	88,3	78,8	87,1			
		40:60	90,4	80,3	88,0			
6	Ж (Краснолиманская) А ("Шахтерскантрацит")	20:80	82,6	75,9	86,7	17,2	0,7	49,4
		30:70	86,4	78,1	87,1			
		40:60	88,8	80,0	87,8			
7	Ж ("Новодзержинская") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	-	-	-	16,5	0,7	49,0
		30:70	58,4	78,5	85,5			
		40:60	60,2	80,1	87,2			
8	К ("Дзержинскуголь") А ("Шахтерскантрацит")	20:80	-	-	-	13,0	0,8	47,6
		30:70	55,4	72,4	82,3			
		40:60	57,8	76,0	82,9			
9	Ж ("Артемуголь") А (Донбассантрацит)	20:80	-	-	-	14,0	0,9	49,2
		30:70	58,9	74,3	85,4			
		40:60	61,0	78,8	87,3			
10	Г ("Первомайскуголь") ОС ("Артемуголь")	20:80	93,4	73,2	76,7	17,5	0,7	46,5
		30:70	99	75	80			
		40:60	-	-	-			
11	Г ("Селидовуголь") Т (Орджоникидзеуголь)	20:80	-	-	-	12,4	0,9	41,2
		30:70	-	-	-			
		40:60	30	55	60			
12	Ж ("Краснодонуголь") Т (Орджоникидзеуголь)	20:80	-	-	-	13,1	0,8	44,6
		30:70	58	68	75			
		40:60	60,7	72,1	78,3			

Сравнение качественных, технологических характеристик исходного материала и полученных из него брикетов

Продукт	Соотношение, %	Качественные и технологические показатели				Механическая прочность			
		$A^d$ , %	$W^r$ , %	$V^{def}$ , %	$Q^r$ , ккал/кг	Потери массы, %	на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	на истирание, %	на сбрасывание, %
Уголь марки Г	100	9,4	1,3	37,5	6200				
Брикет из угля марки Г	100	9,8	1,1	33,6	6200	4,5	95	72	81
Смесь Г:Т	40:60	9,1	1,1	19,3	6650				
Брикет Г:Т	40:60	9,2	0,9	15,0	6600	4,3	30	55	60
Смесь Ж:А	30:70	8,0	1,2	12,8	7250				
Брикет Ж:А	30:70	8,1	1,0	10,8	7200	2,2	92	75	84
Смесь Ж:Т	30:70	8,3	1,4	20,2	7050				
Брикет Ж:Т	30:70	8,5	1,2	17,5	6950	2,9	58	68	75
Смесь Г:ОС	30:70	9,1	1,6	23,8	6560				
Брикет Г:ОС	30:70	9,4	1,5	18,3	6480	5,6	99	75	80

В среднем же брикеты из углей различного марочного состава имеют следующие качественные характеристики:

– из угля марки Г (100%) – зольность 9,8%, влага рабочего состояния топлива 1,1%, выход летучих веществ 33,6%, низшая теплота сгорания 6200 ккал/кг;

– смесь из угля марок Г и Т (40:60) – зольность 9,2%, влага рабочего состояния топлива 0,9%, выход летучих веществ 15%, низшая теплота сгорания 6600 ккал/кг;

– смесь из угля марок Ж и А (30:70) – зольность 9,2%, влага рабочего состояния топлива 1,0%, выход летучих веществ 7,2%, низшая теплота сгорания 7200 ккал/кг;

– смесь из угля марок Ж и Т (30:70) – зольность 8,5%, влага рабочего состояния топлива 1,2%, выход летучих веществ 10,0%, низшая теплота сгорания 6950 ккал/кг.

Механическая прочность для исследованных марок углей находится в следующих пределах:

на сжатие	55-100 кг/см <sup>2</sup> ;
на истирание	70-80%;
на сбрасывание	81-88%;
водостойкость	> 47%.

Анализ проведенных исследований показывает, что получение брикетов такого качества возможно при следующих параметрах:

соотношение угля (пластификатора и наполнителя)	30:70%;
температура нагрева смеси	400-425 °С;
время нагревания	30-40 мин;
давление	177-283 кг/см <sup>2</sup> .

## **Загальні питання технології збагачення**

*Выводы и направления дальнейших исследований.* Опыт получения брикетов методом пластификации показал, что возможно получать брикеты без присадки связующего, а следовательно, без применения сложной технологической линии со своими емкостями, нагревательными аппаратами и устройствами, разного типа перекачивающими насосами и линиями в паровых рубашках для передачи из одного пункта в другой.

Разработанная технология предназначена для производства топливных брикетов из угольной мелочи методом пластификации на брикетных установках в донецком угольном регионе, добывающем угли средней стадии метаморфизма (Г, Ж) и антрациты.

Брикеты, полученные по разрабатываемой технологии, являются экологически чистым и бездымным топливом, используют отходы производства и имеют высокие потребительские качества, что позволит их предлагать на внутренний и внешние рынки сбыта.

© Скляр П.Т., Филиппенко Ю.Н., Моисеенко О.В., 2012

*Надійшла до редколегії 03.05.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*